URUGUAY

ADMINISTRACION NACIONAL
DE
USINAS Y TRASMISIONES ELECTRICAS

RENOVACION DE LA PRESA Y
CENTRAL HIDROELECTRICA

Dr GABRIEL TERRA

Etapa 1
DIAGNOSTICO DE LAS INSTALACIONES

Tomo 3.1

EQUIPOS DE GENERACION
EQUIPOS HIDROMECANICOS

ELECTRICITE DE FRANCE
INTERNATIONAL
68, rue du Faubourg Saint-Honore
75008 PARIS
Tel 764 22 22
Telex EDF AE 660 434 F

Junio 1984

T O M O I I I

EQUIPO DE PRODUCCION

III.1 EQUIPO MECANICO

S U M A R I O

1 - TOMA DE AGUA

1.1. Rejas de entrada

1.1.1. Características

1.1.2. Estado de las piezas

1.1.3. Trabajos a efectuar

1.2. Compuertas de toma de agua

1.2.1. Características

1.2.2. Compuertas del grupo 4

1.3. Ataguías de aguas arriba

1.3.1 Estado de las piezas

1.3.2. Trabajos a efectuar

2 - CONDUCTO FORZADO DEL GRUPO Nº 4

2.1. Conducto

2.2. Junta de dilatación (fuelles)

2.3. Agujero para paso de hombre

2.4. Conductos de desagüe del conducto forzado y del aspirador

3 - TURBINA DEL GRUPO Nº 4

3.1. Resumen de las características

3.2. Caja espiral

3.3. Distribuidor

3.3.1. Comprobaciones

3.3.2. Trabajos a efectuar

3.4. Rodete de turbina

3.4.1. Estado de las piezas

3.4.2. Trabajos a efectuar

3.5. Cubierta de rodete

3.6. Unión de la cubierta de rodete y del aspirador

3.6.1. Estado de las piezas

3.6.2. Origen de los desórdenes

3.6.3. Trabajos a efectuar

3.7. Aspirador y ataguías de aguas abajo

3.8. Válvulas de entrada de aire

3.9. Soporte de turbina

3.10. Junta de eje de turbina

3.11. Servomotor de maniobra de las palas del rodete

3.12. Cilindros de frenado y de levantamiento

4 - ORGANOS DE ROTACION Y DE GUIADO SUPERIOR

4.1. Tubo Kaplan

4.2. Soporte superior de generador

4.3. Conjunto órganos de rotación - soporte intermedio

4.4. Bomba de aceite de los órganos de rotación

5 - SISTEMA DE REFRIGERACION

6 - PIEZAS DE REPUESTO

7 - CONCLUSIONES

N O T A :

Para la totalidad de la parte mecánica, sírvanse consultar también los siguientes Anexos :

ANEXO 1 - Pruebas metalúrgicas en el grupo nº 4 de la usina GABRIEL TERRA

ANEXO 4 - Análisis metalúrgico de una muestra de metal tomada en la turbina nº 4 de la usina GABRIEL TERRA

ANEXO 6 - Recomendaciones para el cálculo y la construcción de las rejas de toma de agua

ANEXO 7 - Recomendaciones para el revestimiento anticorrosión.

1 - TOMA DE AGUA

1.1. Rejas de entrada

1.1.1. Características

Constructor : VOITH (ALEMANIA)

La altura de la reja se eleva a 12 metros.

Los paneles están formados por barrotes de 210 x 12 mm y el paso entre barrotes es de 150 mm.

Los barrotes están doblemente arriostrados (atirantados) por medio de tubos y tirantes de acero.

La facilidad de desmontaje de los paneles no presenta ningún problema y su sustitución, si así procece, se puede llevar a cabo por buceadores, que podrían actuar con toda comodidad.

1.1.2. Estado de las piezas

Las mediciones comparativas de pérdidas de carga que se han llevado a cabo por parte de U.T.E. entre 1954 y 1983 presentan una evolución de 3 a 5 metros, y según la opinión de U.T.E. este fenómeno únicamente puede proceder del depósito de suciedades en las rejas de entrada de agua.

Un film video tomado por los buceadores de la armada ha permitido llegar a las conclusiones siguientes :

- comportamiento perfectamente correcto del conjunto de las rejas. Se han roto algunos pasadores y arandelas ubicados en los ejes de fijación de los paneles, por efecto de oxidación, pero ello no presenta peligro alguno por lo que respecta al comportamiento del conjunto ;

- no se advierte ningún depósito de residuos ante las rejas ;

- una capa de sedimentos recubre los barrotes y los vástagos atirantados. Concretamente, en la parte

parte superior, el espesor de los barrotes alcanza el doble y a veces el triple, de su valor normal.

Cuando se raspa con un cuchillo, este depósito se desprende y deja ver un metal brillante que corresponde a la capa de ZINC aplicada inicialmente a los barrotes antes de la pintura.

1.1.3. Trabajos a efectuar

Una vez visto el film, cabe pensar que las pérdidas de carga han aumentado en proporciones reducidas debido al depósito que se ha creado sobre los paneles, pero, habida cuenta de su sistema de fabricación (doble riostra), no cabe contemplar la posibilidad de proceder a una limpieza completa sin desmontaje.

Lo más sencillo consitiría en preparar cierto número de paneles nuevos de reposición y, por rotación, proceder al desmontaje y limpieza de los paneles in situ.

Estas intervenciones de sustitución, que se llevan a cabo corriente por los buceadores de las usinas francesas, se podría aplicar también en el caso de GABRIEL TERRA, tras estudio de un programa de parada de los grupos.

Por lo que respecta a la fabricación de los paneles de reposición, parece importante encargar barrotes de acero laminado de tolerancias estrictas, para obtener una geometría correcta del conjunto montado.

La protección se puede conseguir por :

- proyección de chorro de arena;
- metalización por medio de ZINC; e = 120 µ
- aplicación de 3 capas de pintura asfáltica

para obtener un espesor total superior o equivalente a 400 micrones.

ATENCION a los tornillos de los paneles : no proceder nunca a su sustitución por tornillos de acero inoxidable, ya que el par "acero inoxidable-acero común" provoca la destrucción del roscado si este último es de acero común. Se deberán utilizar tornillos de alta resistencia (HR) protegidos por fósfatación y revestidos de cebo en el momento del montaje.

1.2. Compuertas de toma de agua

1.2.1. Características

Constructor : VOITH (ALEMANIA)

Compuertas de tipo vagón, de cierre rápido.

Dimensiones : 7 000 x 7 000 mm

18 ruedas, de las cuales 4 ruedas de guiado.

Control de las compuertas por servomotor hidráulico de simple efecto.

1.2.2. Compuertas del Grupo 4 : Estado de los distintos órganos y trabajos a efectuar, si así procede.

1.2.2.1. Tablero y piezas fijas

a) Estado de las piezas

La pintura ha desaparecido casi por completo, y se observa la existencia de numerosas pústulas y cráteres.

Las cabezas de remaches y tornillos de ensambladura del tablero acusan una corrosión pronunciada.

En las zonas en que aún subsiste un poco de pintura, su espesor oscila entre 0 y 100/µm.

Hermeticidad del umbral

La hermeticidad está formada por una junta plana de caucho, que se encuentra en correcto estado.

Hermeticidad lateral formada por una junta de caucho, de forma angular (escuadra) también en buen estado.

Hermeticidad frontal formada por una junta de caucho, en forma de U, en correcto estado.

Derivación (by-pass) de llenado : se encuentra en buen estado y los escapes se se habían señalado se deben únicamente al mal estado del resorte de apoyo de la derivación en el cierre.

Ruedas de guiado y de rodadura : se encuentran en perfecto estado. Se advierte un desgaste anormal del costero de rueda de guiado inferior correspondiente a la orilla izquierda, que deja pensar que la compuerta tiene tendencia a inclinarse tranversalmente.

Partes fijas : una inspección del riel de apoyo a la perpendicular de la zona de estacionamiento de la compuerta en posición abierta ha permitido comprobar un desgaste del riel de unos 10 a 15 mm, sobre una distancia de 200 mm, en la parte inferior, correspondiente a la orilla izquierda.

b) Trabajos a proyectar

- Limpieza del tablero por proyección de chorro de arena o bomba de alta presión (presión de > 60 bares)

- Pintura
  Aplicación de 3 capas de pintura asfáltica a razón de 400 a 500 gramos por m^2/capa.

- Reparación por soldadura de las partes fijas desgastadas por la fricción de las ruedas de guiado.

1.2.2.2. Ruedas de rodadura y de guiado

a) Estado de las piezas

Las ruedas se encuentran en perfect estado. Las llantas apenas han entrado en contacto con el riel, debido al cierre de la compuerta principalmente en aguas muertas.

Los casquillos de bronce se encuentran en buen estado, así como las juntas de neopreno.

b) Trabajos a proyectar

No se precisa ningún cambio por lo que respecta a los casquillos de bronce, pero será preciso comprobar si las juntas de hermeticidad se encuentran correctamente aprovisionadas en neopreno. Conservar la misma frecuencia de lubricación.

1.2.2.3. Servomotor de maniobra

a) Estado de las piezas

Su funcionamiento no plantea problema alguno, salvo un funcionamiento un poco vacilante en el momento de la subida. Este detalle que hemos podido observar al poner un grupo en marcha

no da lugar a ningún género de vibraciones y a primera vista no parece que pueda causar daños al equipo. Ello podría derivarse de una entrada de aire en el cilindro tras un cierre completo, que da lugar a la formación de una capa de aire y por consiguiente, a cierta elasticidad en el momento del ascenso de la compuerta.

Las juntas de pistón y de salida de vástago son de cuero y dan entera satisfacción.

La aspiración de las fugas son insignificantes, ya que su frecuencia es de 3 días, poco más o menos.

b) Trabajos a proyectar

De verificarse la hipótesis anteriormente emitida, se podría, llegado el caso, equipar el servomotor de juntas de sellado de doble efecto, con la condición de disponer de un sistema de purga en el momento de la carga de aceite efectuada despues de los trabajos. No obstante, las consecuencias del funccionamiento actual revisten muy poca importancia, motivo por el cual no parece indispensable efectuar una modificacion.

Además, las juntas de sellado de cuero actuales tienen una duración util de 12 a 15 años; por lo cual no existe ningún intéres a cambiar de tecnología.

1.2.2.4. Brazos de palance de enlace entre la compuerta y el servmotor

a) Estado actual

Se ha producido un incidente en el grupo nº 3 durante la colocación de la compuerta en posición de mantenimiento. Durante el trascurso de esta operación, el collarin de retención del brazo de palanca superior en tension (collarin que se utiliza unicamente para el desmontaje) se ha fisurado. Aquello que se creya ser un accidente se deve, en realidad, a un fenómeno de corrosion que afecta practicamente a todos los brazos de palance.

b) Trabajos a proyectar

En una primera etapa, se puede disponer el punto de fijación un poco más abajo, ya que asi se puede proceder habida cuenta de la carrera del servomotor. Pero, al cabo de algún tiempo, sera preciso contemplar la substitución del brazo de palanca.

1.2.2.5. Central de aceite para el control de compuertas

a) Estado actual

La Central de aceite actualmente existente parece cómoda en cuanto a su principio. No obstante, las bombas han planteado ya algunos problemas (ruptura de eje a la perpendicular de un engranaje).

Los aparatos de control (manómetros) tienen ya cierta edad. El cableado y los aparatos de control se encuentran en mal estado. Por consiguiente, cabe tener problemas de aislamiento o de defectos de contacto.

b) Trabajos a proyectar

Substitución de las motobombas y de los aparatos de control.

Renovación del cableado electrico.

1.3. Cierres de servicio de aguas arriba (características)

Constructor : VOITH (ALEMANIA)

Dimensiones : 7 000 x 7 000 mm, en 4 elementos.

Estado de las piezas

En su conjunto, se encuentran en correcto estado, pero la pintura se degrada. La hermeticidad frontal está formada por una sección de caucho de forma angular (escuadra).

La hermeticidad entre elementos se obtiene por medio de juntas de caucho con fijación sobre piezas de madera.

2 - CONDUCTO FORZADO DEL GRUPO Nº 4

2.1. Conducto

El recubrimiento de los distintos elementos componentes del blindaje se encuentra perfectamente realizado en la totalidad del conducto, hasta la conexión con el anillo superior y el anillo inferior del distribuidor. La medición del espesor del blindaje no ha permitido detectar ninguna anomalía. De los sesenta remaches controlados, uno solo acusa una anomalía.

No se aprecia visualmente ningún vestigio de erosión o de cavitación.

El revestimiento asfáltico interior se encuentra en excelente estado (espesor medido : 500 µm). Algunas pústulas de oxidación se pueden apreciar en la parte superior. Por el exterior, la pintura metalizada que recubre el conducto se encuentra en correcto estado. En las zonas húmedas se pueden observar vestigios de depósitos vegetales.

No se aprecia visualmente ningún vestigio de flujo de agua en las conexiones con la presa o el muro de aguas arriba de la central.

Como conclusión, cabe señalar que esta parte de la instalación se encuentra en buen estado. Cabe considerar la necesidad de un mantenimiento del revestimiento interior en algunos puntos oxidados (véase Anexo 7 : "Revestimientos anticorrosión".

2.2. Junta de dilatación (fuelle)

Unicamente se ha examinado el estado de la junta de aguas abajo.

La distancia sumamente reducida entre las dos partes laterales flexibles no permite proceder a una inspección perfectamente detallada. No obstante, el examen visual acusa una importante oxidación y la inexistencia total de revestimiento protector. La totalidad de la superficie interna de la junta de dilatación se encuentra recubierta por importantes pústulas de oxidación.

La medición de los espesores de chapas y la inspección de cierto número de remaches no acusa ningún género de anomalías.

No obstante, la importancia y el estado actual de estos elementos elásticos de primordial importancia para el comportamiento del conducto (tubo de aducción) imponen a breve plazo una reparación completa de la cavidad interna de las juntas de dilatación y la aplicación de un revestimiento anticorrosión.

La técnica de rehabilitación figura descrita, en cuanto a sus generalidades, en el anexo 7. En este caso particular en que el espacio disponible es reducido, se habrá de proceder de la forma siguiente :

- Picar con pistola de agujas cuando ello es posible y raspado esmerado manual.

- De ser posible, proyección de arena.

- Despues de insuflación y aspiración de forma esmerada, aplicación de un revestimiento formado por :

  . una capa primaria de pintura rica en zinc o similar (espesor $\geqslant$ 40 micrones)

  . dos a tres capas de pintura bituminosa (espesor total $\geqslant$ 400 micrones).

2.3. Agujero para paso de hombre

Unicamente se ha procedido a la inspección del agujero para paso de hombre superior, aguas abajo.

El recubrimiento de los blindajes se encuentra perfectamente conseguido.

El examen de las paredes laterales de la tapa y del blindaje permite apreciar una importante oxidación y la inexistencia de revestimiento protector.

El control del espesor de los blindajes, de los remaches, así como de los ejes y de las horquillas no ha revelado ninguna anomalía.

El estado mecánico de este órgano es satisfactorio. Los revestimientos se deberían examinar detenidamente y asimismo, mantener lubricadas las piezas de maniobra y de fijación.

2.4. Conductos de desagüe del conducto forzado y del aspirador

El conducto de desagüe del conducto forzado, de un diámetro de 800 mm aproximadamente, no se ha podido visitar. Este conducto se ha pintado de nuevo por su interior hacia muchos años.

El conducto de desagüe del aspirador, de 500 mm de diámetro, aproximadamente, se ha reparado por inserción de tubo interior, directamente aguas arriba de la válvula de cierre. Esta reparación se ha efectuado en todos los grupos en 1976 y 1977.

Se deberá proceder a la aplicación de revestimientos anticorrosion durante el periodo de renovación.

3 - TURBINA DEL GRUPO Nº 4

3.1. Resumen de las características :

Para la turbina :

Constructor : MORGAN-SMITH (U.S.A.)

Altura de salto : 21.1 metros

Potencia : 40 000 HP

Velocidad : 125 r.p.m.

Rodete Kaplan de 6 palas : Ø 4 841.7 mm

Para el tubo de aspiración :

Constructor : M.A.N. (ALEMANIA)

3.2. Caja espiral

Un examen visual permite comprobar el excelente estado de esta parte de la instalación. El revestimiento no presenta ningún deterioro importante y su espesor de promedio medido es de unos 500 µm, aproximadamente.

El recubrimiento de los elementos remachados se encuentra en perfecto estado y no se observa ningún vestigio de erosión en las partes del blindaje en saliente ni en las cabezas de remache.

No se observa tampoco ningún rezume de agua.

3.3. Distribuidor

3.3.1. Comprobaciones

El examen de los costeros superiores e inferiores permite comprobar el perfecto estado de estos elementos.

Ningún vestigio de erosión, de oxidación, corrosión o fricción son apreciables a simple vista. El estado de conservación excepcional de la capa de pintura que es de origen, verosímilmente, demuestra el excelente estado de estos órganos.

Un ligero rastro de infiltración aparece en el punto de unión de los elementos del costero superior. El costero inferior y las estaquillas de fijación se encuentran intactos.

Las predirectrices, del mismo modo que ocurre para la totalidad del distribuidor, se encuentran en perfecto estado. No se aprecia visualmente la existencia de ningún vestigio de oxidación o de erosión, tanto en las caras principales como en las aristas de entrada y salida.

Las directrices móviles se encuentran en perfecto estado.

El reborde de entrada no acusa ningún vestigio de desgaste y el reborde de salida, recargado de origen, muestra algunas trazas de fricción, que atestiguan la perfecta coincidencia de los puntos de apoyo, una vez que se encuentra cerrado el mecanismo de distribución. Tampoco se aprecia ningún vestigio de cavitación.

A pesar de sobresalir ligeramente por el interior del anillo inferior, la base de la arista de las directrices no acusa ningún rastro de cavitación, así como tampoco el propio costero inferior.

Las holguras apreciadas en los pivotes inferiores y superiores no han evolucionado prácticamente, con respecto a las holguras de origen.

Los sellados de estanqueidad (juntas de sellado) de los muñones superiores se obtienen por medio de quatro trenzas cargadas PTFE, apretadas por un prensa-estopas, ya que los muñones van encamisados de acero inoxidable. Estos prensa-estopas no precisan un mantenimiento de suma importancia.

No obstante, U.T.E. ha expresado el deseo de substituir las trenzas por sellos de pestaña. Esta modificación se puede contemplar perfectamente pero ello supone la rectificación de las camisas de acero inoxidable. Esta operación unicamente es posible si, previamente, se desmontan las directrices.

No obstante, se advierte que la puesta en funcionamiento de la lubricación centralizada manual no ha permitido provocar la salida de la grasa por los pivotes inferiores, y ello a pesar de haberse aplicado una presión de 80 bares, leída en el manómetro, a la salida del sistema de lubricación. Unicamente se ha podido desatascar cada directriz por medio de una inyección individual mediante bomba de operación manual.

Además, U.T.E. señala que numerosas directrices de los grupos I. II y III, tienen su tubo interior de lubrificación (alimentación del muñon inferior) deteriorado por corrosion. La reparación de estas alimentaciones ha consistido en substituir el tubo inicial de acero por un tubo de laton y proceder a su fijación por distintos métodos en la parte inferior de la directriz. Se trata de una reparación provisional. Se podría emprender una reparación más racional, pero unicamente situándose en la hipótesis en que el desmontaje del distribuidor sea necesario por otros motivos. De no ocurir así, sería preciso estudiar un método seguro de reparación sin necesidad de desmontaje de las directrices. Las pruebas actuales se deberán seguir con toda atención para determinar el mejor método aplicable.

Los servomotores del anillo del distribuidor se encuentran en correcto estado. Las holguras de las distintas articulaciones son normales.

3.3.2. Trabajos a efectuar

El dispositivo de lubricación de las directrices, tal como se encuentra instalado, debería ser objeto de una modernización, con instalación de un sistema de lubricación centralizada automática, con dosificadores.

De cualquier modo, es indispensable - con motivo de las próximas paradas de los grupos - proceder a la lubricación manual de cada directriz, con objeto de comprobar el correcto estado de los circuitos de lubricación.

También será preciso controlar las holguras de los pivotes inferiores y superiores de todos los grupos, por medio de calibres fijos de espesores.

3.4. Rodete de turbina

3.4.1. Estado de las piezas

- Las seis palas del rodete son de acero común, y han sido objeto de recarga 18/8 en las zonas sometidas a cavitación.

Por lo que respecta a la forma de las palas, cabe señalar dos pequeños detalles :

1) Una importante holgura, de unos 20 a 30 mm, entre la pala y el cubo de rodete (buje).

2) Un espesor de la pala en salida de agua de unos 20 a 30 mm, aproximadamente, con ángulos de 90º, sin partes redondeadas.

En su conjunto, las palas presentan un aspecto perfectamente correcto y los controles metalúrgicos no han permitido detectar agrietamientos en la superficie de las palas, pero por el contrario, tres grietas se han detectado por el estradós, en el punto de coincidencia entre pala y pivote (eje de giro) (véase informe DTG).

- El cubo de rueda (buje) se encuentra en estado correcto, del mismo modo que los cubrejuntas de las palas.

Las juntas de palas, que son de caucho intelado, dan entera satisfacción, sin ningún rastro de fugas. Cabe señalar que el aceite de lubricación del rodete es más espeso que el aceite de regulación :

- aceite de regulación : viscosidad SUS 300 a 100º F
- aceite de rodete : viscosidad SUS 1 700 a 100º F

No se ha procedido a la inspección del mecanismo interior del rodete (número de horas de funcionamiento de los grupos : aproximadamente, 260 000 horas.

3.4.2. Trabajos a efectuar

- Palas de rodete

En las tres grietas detectadas en el punto de coincidencia entre pala y pivote, se han eliminados dos grietas poco importantes por esmerilado, a petición de UTE. La tercera grieta (pala A), cuya longitud medía 32 mm se ha atajado por medio de un agujero de 5 mm.

Este fenómeno de agrietamiento, perfectamente conocido por nuestro Servicio, se amplifica en

en el caso presente por la inexistencia de acuerdo de empalme de la pala con el pivote.

Parece preciso que UTE proceda rápidamente al control de los demás grupos e intervenga inmediatamente para :

- eliminar los agrietamientos por esmerilado, cuando sean de poca importancia (< 10 mm)
- detener la progresión por perforación si las grietas son de mayor importancia (> 10 mm).

De todos modos, será preciso estudiar un acuerdo de empalme y proceder a su ejecución por esmerilado (utilizar fresas de carburo), en las palas de todos los grupos.

También se podrán ejecutar recargas complementarias de acero inoxidable 18/8, en las zonas sometidas a cavitación.

- Mecanismo interior del rodete

Transcurridas 260 000 horas de funcionamiento, es indispensable proceder al control del estado de las piezas. Incluso antes de las grandes intervenciones en los grupos, el desmontaje de la ojiva de rodete permitiría controlar :

- el estado del soporte de guiado de la cruceta en la ojiva,
- el bloqueo de la tuerca de ensambladura de la cruceta con el tubo Kaplan (el apriete de esta tuerca quedará facilitado sin duda alguna por empleo de sondas calentadoras de elevado flujo y por control del alargamiento residual en frío),
- el control de las articulaciones de cruceta con las palancas de maniobra de las palas,
- el estado de la pieza que forma el guiado y elemento antigiratorio de la cruceta.

Se trata aquí de operaciones convencionales de control mecánico, que se podrán resolver facilmente por los especialistas de U.T.E.

Parece perfectamente evidente que la inspección del interior del rodete por levantamiento de la ojiva no habrá de permitir el control de los órganos de giro (pivotes) de las palas. Por tal motivo, resultaría preferible efectuar un desmontaje completo del rodete de la primera máquina a revisar, con objeto de hacerse una idea precisa del estado de la totalidad de las piezas.

No parece imposible que los soportes de los pivotes de giro de las palas se hayan ovalizado y desgastado por su parte inferior y que se requiera un torneado de los casquillos de bronce de 180º antes de volver a montar estos órganos.

También se podrá controlar la superficie de apoyo de las juntas de palas sobre los pivotes y de ser preciso, sustituir el zuncho que forma pieza de desgaste. De cualquier modo, para no perder tiempo al proceder a la intervención, se deberá disponer de un juego de piezas que se puedan montar en lugar de las piezas deterioradas (casquillos de bronce, juntas de palas, pequeña tornillería, etc.).

3.5. Anillo de garganta

El anillo de garganta está formado por cuatro partes, de acero moldeado, y de fabricación MORGAN-SMITH.

Se observa una recarga por depósito de soldadura inoxidable sobre la parte inferior, hasta su empalme con el aspirador. Esta recarga presenta numerosos defectos y en un gran número de los mismos se producen rezumes e incluso flujos de agua.

En su conjunto, el anillo de garganta se encuentra en correcto estado.

Observación relativa a los apartados 3.4 y 3.5 :
A pesar del estado bastante satisfactorio de los rodetes y anillos de garganta, puede resultar interesante, por motivos economicos, (es decir, obtener un mejor rendimiento), contemplar el cambio de las palas de rodete por otras palas de trazado moderno y, posiblemente también los anillos de garganta (cuya forma cílindrica actual presenta caractéristicas menos interesantes que una geometría esférica).

3.6. Unión del anillo de garganta y del aspirador

3.6.1. Estado de las piezas

Así como se puede observar por el extracto de plano de la página siguiente, el aspirador está

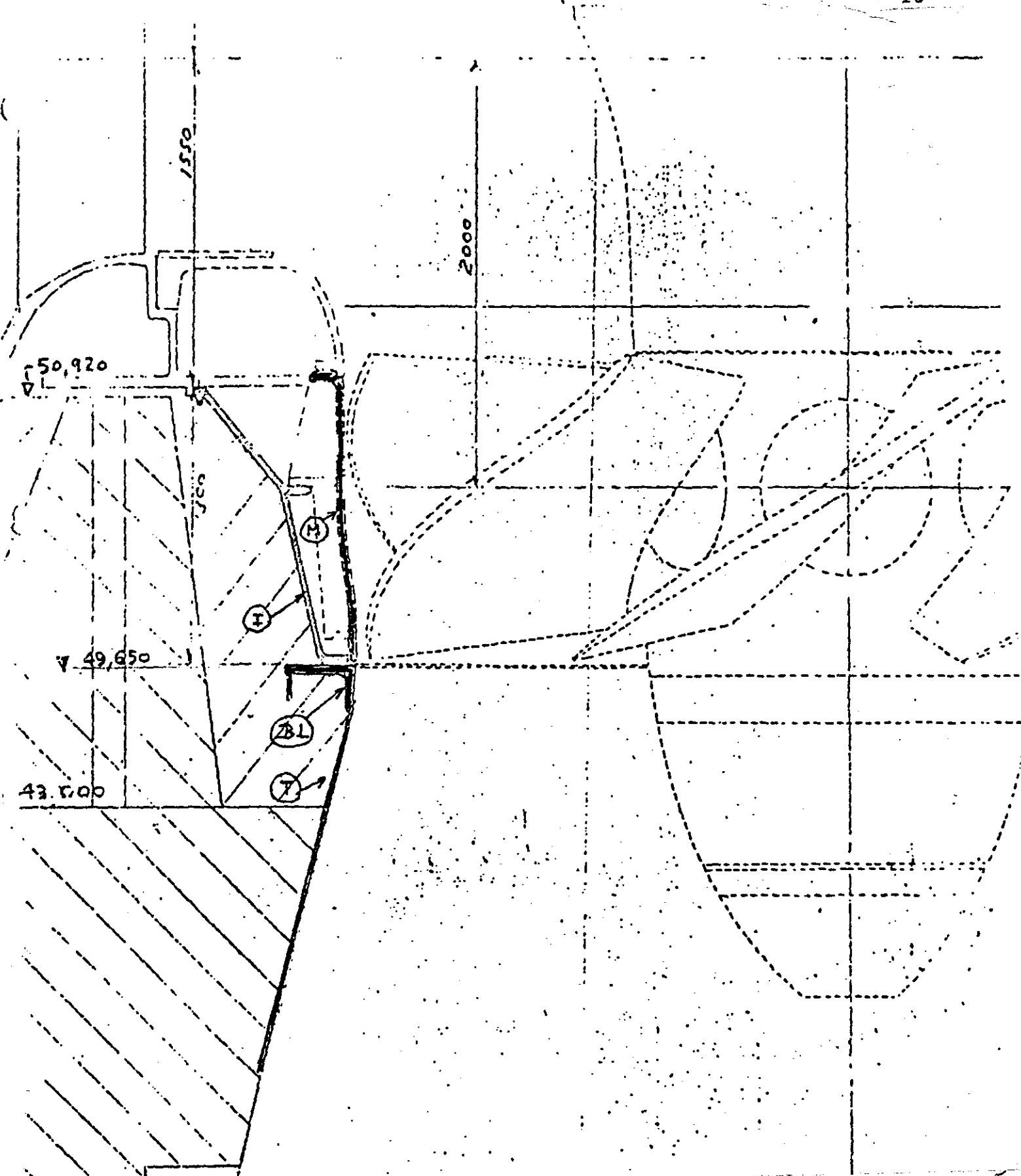


Figura 5

HORMIGON DE SELLADO DE LA CUBIERTA
RODETE Y DEL ASPIRADOR

formado, por su parte superior, al nivel 49.650, por una brida de enlace (referencia B.L.) destinada, en primer lugar, al anclaje en el cuerpo de hormigón y, en segundo lugar, a la fijación de la cubierta MORGAN (referencia M) por medio de una pieza intermedia (referencia I). Las chapas de 8 mm de espesor que forman el tubo de aspiración van unidas por soldadura con el conjunto "brida de enlace".

De 1970 a 1976, y con motivo de los requerimientos del sistema eléctrico nacional, la potencia de los grupos se ha elevado a 34 MW en continuo y 36.8 MW en sobrecarga. Por consiguiente, los caudales de turbinas han sido de, aproximadamente, 165 m^3/segundo en continuo y 180 m^3/segundo, en sobrecarga. Este funcionamiento ha dado lugar al desprendimiento y en ciertos casos, al arranque de las chapas de los aspiradores (referencia T), de forma sumamente importante al tratarse de las turbinas 2 y 3 y de menos importancia al tratarse de las turbinas 1 y 4.

Se ha ejecutado una ventana de 20 cm de ancho y 60 cm de alto en el blindaje del aspirador del grupo 4, al nivel del enlace cubierta de rodete - chapas del aspirador. El examen de este corte, los resultados del análisis metalúrgico de la muestra tomada en esta zona (Véase Anexo 4) y las comparaciones con el plano nº Ma 54-2516 : "Reparación del tubo de aspiración - Grupo 3", han permitido establecer un diseño que representa la disposición del enlace en este punto. Las cotas evaluadas in situ difieren apreciablemente de aquellas que figuran en el plano indicado anteriormente Ma 54-2516.

Cabe formular las siguientes observaciones :

- la soldadura del blindaje sobre la brida de enlace presenta un gran número de defectos ;

- la disposición de estos defectos, recubiertos en gran parte por la recarga inoxidable, muestra el contorno sumamente irregular de la soldadura ejecutada a petición y según las posibilidades de recubrimiento brindadas por el vértice del blindaje no enrasado.

- en ciertos puntos, el recubrimiento ha dejado de existir y la chapa del blindaje viene a

empalmarse en extremo de la brida. Esta disposición se puede observar justamente en la zona en que se ha tomado la muestra. El alojamiento previsto en la brida de enlace para ajuste de la chapa ha tenido que cerrarse entonces por recarga.

3.6.2. Es muy probable que el origen de los desórdenes comprobados en la parte superior del blindaje tengan como origen la calidad sumamente deficiente de la soldadura. Esta soldadura no es hermética y la penetración de agua por la parte trasera del blindaje provoca un empuje variable que hace trabajar la soldadura a la fatiga.

El funcionamiento bastante tranquilo y nada ruidoso de los grupos puede dar a pensar que no se hubiese producido ningún desorden, incluso en funcionamiento en sobrepotencia, si el enlace hubiese sido de buena calidad.

3.6.3. Trabajos a efectuar

Parece inevitable tener que proceder a la sustitución de la parte superior del tubo de aspiración.

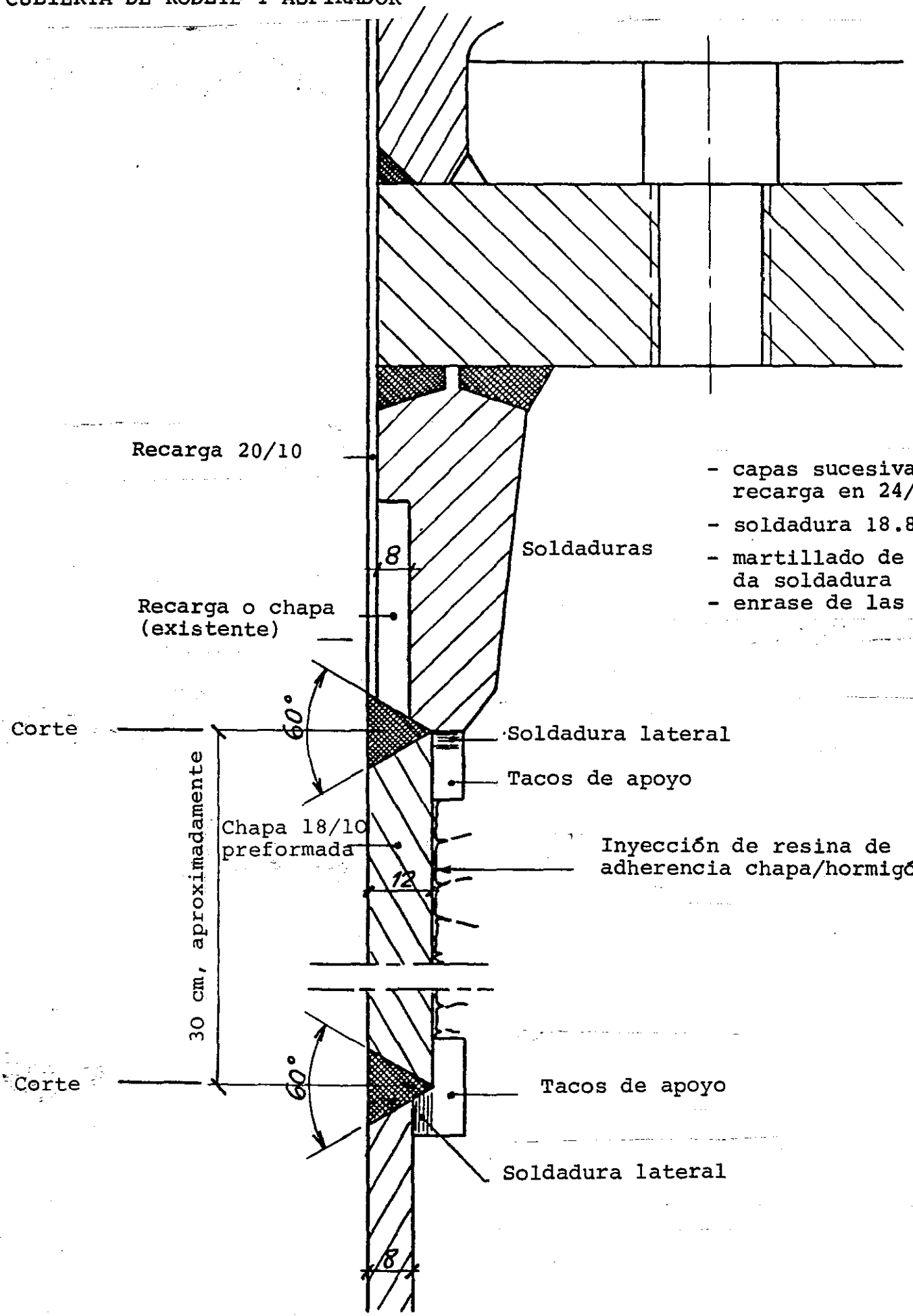
Esta solución consiste en cortar una banda de unos 1 000 mm, aproximadamente, inmediatamente bajo el enlace. Una intervención en el hormigón (excavación y ejecución de los anclajes) deberá permitir entonces introducir elementos de chapa de 18/10 , de un espesor de 12 mm, preformados y ajustados sobre tacos de apoyo. Las dos soldaduras se ejecutarían entonces con biseles de 60º, con aplicación de las primeras capas de revestimiento en calidad 24.12 y soldadura con electrodos de 18.10 o 20.10.3 (véase Anexo 4). La segunda soldadura quedaría martillada para atenuar los esfuerzos residuales.

Estos trabajos deben ser objeto de un estudio preliminar para determinar el número de elementos de chapa y las secuencias de soldadura (soldaduras verticales, horizontales).

Si, de todos modos esta solución se manifiesta insuficiente, cosa que nos parece absolutamente improbable, sería preciso contemplar la posibilidad de encargar un estudio hidráulico a un especialista.

REPARACION DEL ENLACE ENTRE
CUBIERTA DE RODETE Y ASPIRADOR

GABRIEL TERRA



- capas sucesivas de recarga en 24/12
- soldadura 18.8 o 20.20.
- martillado de la segunda soldadura
- enrase de las soldadura

3.7. Aspirador y cierres de servicio de aguas abajo

Salvo la parte superior, al nivel de la conexión con el anillo de garganta, tal como se menciona en el apartado antarior, el conjunto del aspirador se encuentra en perfecto estado.

Cierres de servicio de aguas abajo

Constructor : VOITH (ALEMANIA)

Existe un juego de cierres de servicio para cada grupo.

Cada juego está formado por 8 elementos maniobrados por un pórtico de 10 toneladas. Cuando se levantan los cierres de servicio del grupo, se introduce una pieza en la ranura que oculta a esta última y permite obtener así la continuidad del conducto

Los elementos de los cierres de servicio que corresponden a la turbina nº 4 se encuentran en correcto estado y los sellados de estanqueidad sont perfectamente satisfactorios.

Los problemas planteados por la erosión del umbral, cerca de las ranuras, así como la mejora de la operación de cierre mediante cierres de servicio se han tratado en el Tomo II, respectivamente en los apartados (2.1.7.) y (2.2.2.), así como en el Tomo V, apartado (2.2.).

Para ciertas posiciones de apertura de las compuertas de vertedero (aliviadero), el nivel de aguas abajo sobrepasa la cota 60 (nivel 0 local). Los remolinos provocan daños en las juntas de sellado de los elementos de los cierres de servico de los aspiradores depositados en compartimientos de almacenamiento. Se deberá adaptar una protección adecuada con motivo de los trabajos de renovación.

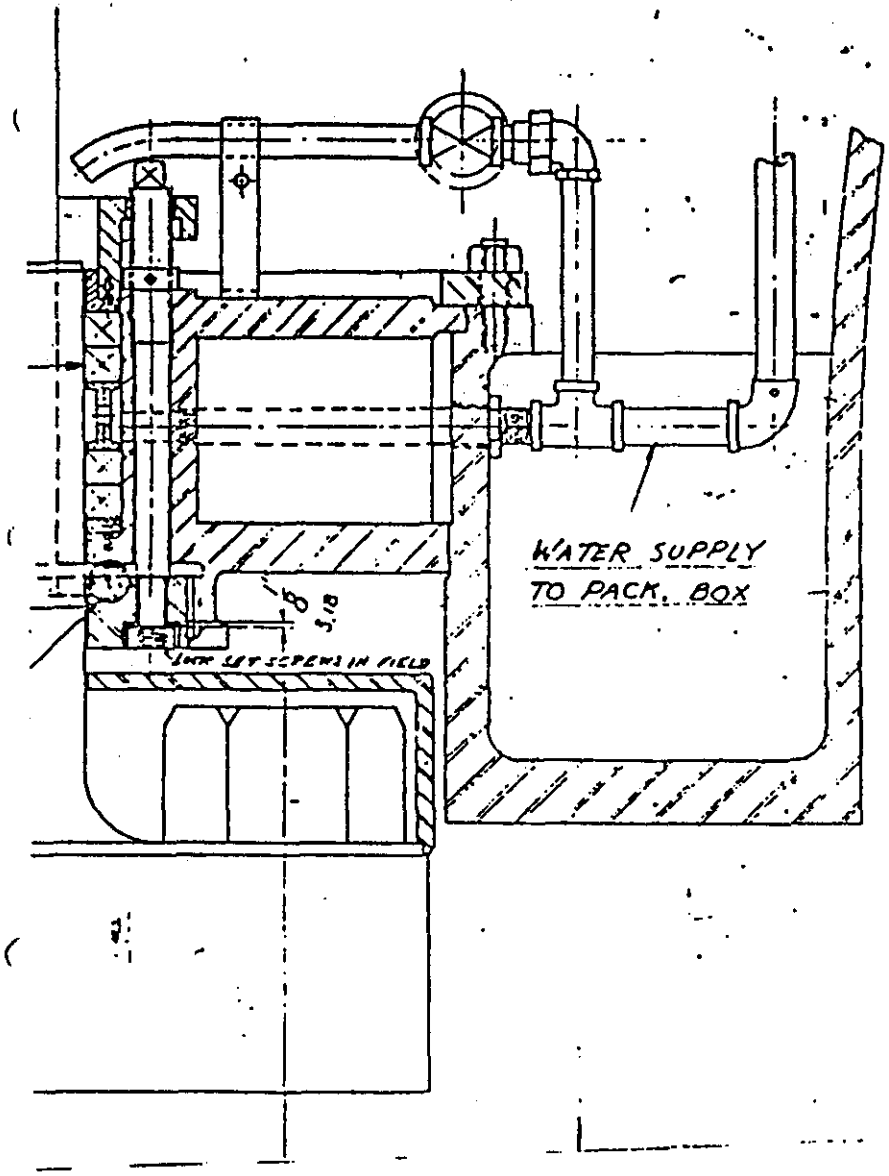
3.8. Válvulas de entrada de aire

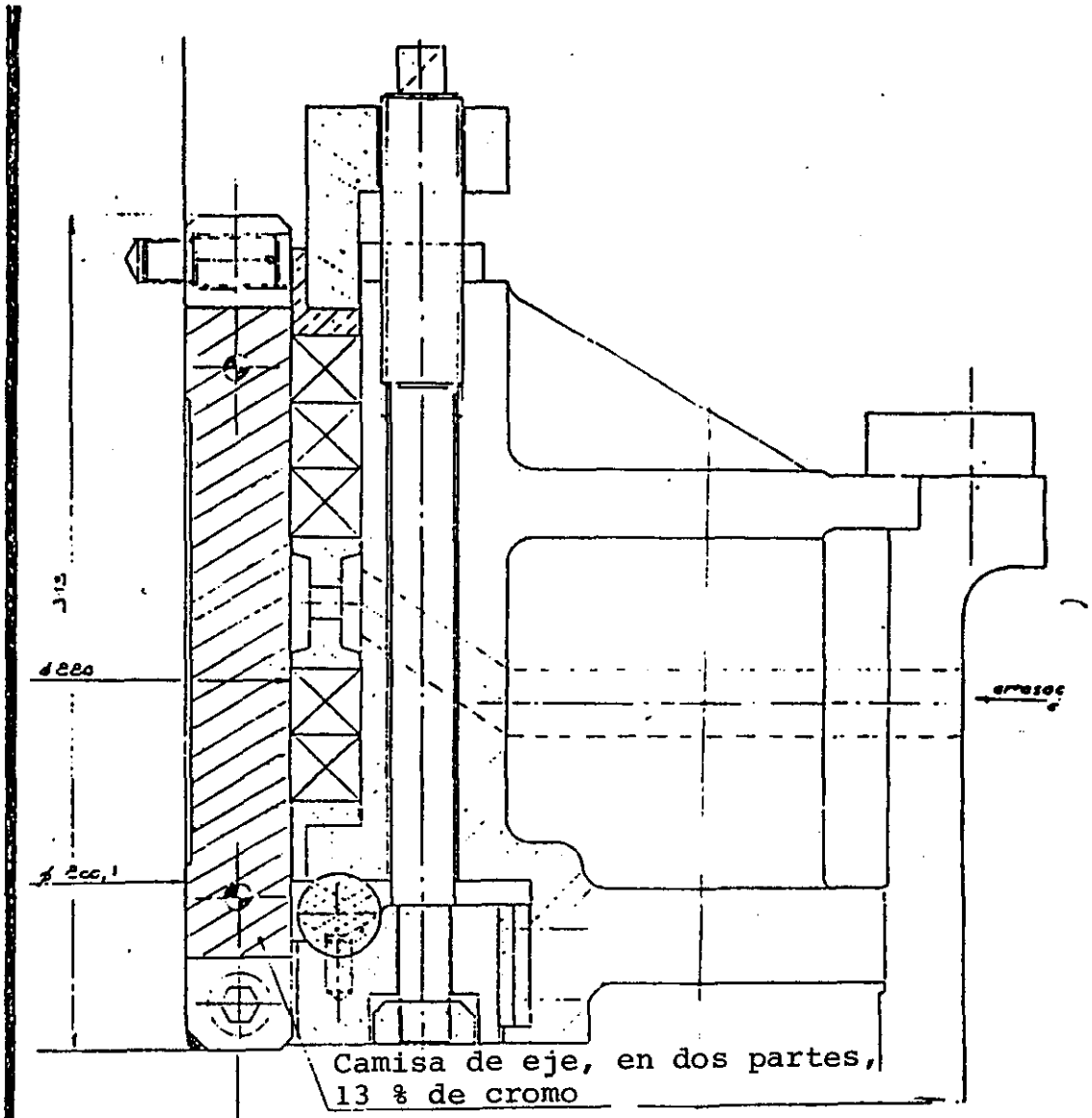
Funcionamiento normal por depresión, cuando se detiene el grupo. Desde hace tres años, únicamente se ha tenido que cambiar una junta de hermeticidad.

Controlar periódicamente las juntas de hermeticidad y la calibración de los resortes antagonistas.

3.9. Cojinete guía de la turbina

No se presenta ningún problema particular, y ello a pesar de una holgura (juego) bastante reducida. Holgura téorica: 0,3 a 0,35 para un diámetro de 800 mm.





USINA GABRIEL TERRA

Estado actual

Junta de eje de turbina

Proyecto de modificación

3.10. Prensa-estopa de eje de turbina

Estado de las piezas

En la actualidad, una camisa de eje de acero 13 % Cr, de 20 mm de espesor, se encuentra montada ajustada en apriete sobre el eje.

El apriete se obtiene únicamente por la tensión de la soldadura, al proceder a la ensambladura de dos semisegmentos que constituyen la camisa. La hermeticidad propiamente dicha de la junta de turbina se obtiene por medio de cuatro o cinco trenzas 1" x 1" apretadas por un prensa-estopas (2 + 2 cuando la junta de sellado es nueva, y a continuación una quinta despues de transcurido cierto lapso de tiempo). Una pieza intercalada de bronce va dispuesta tras las dos primeras filas de trenzas. La superficie de apoyo de las trenzas sobre la camisa de eje se encuentra muy señalada (de un milímetro, aproximadamente) sin que por ello cause daños con respecto al funcionamiento de la hermeticidad.

Cabe señalar que la camisa del grupo nº 1 se encuentra fisurada, siendo indispensable proceder a una intervención en cuanto a esta pieza.

El riego de la junta se obtiene, por un lado, por una entrada de agua en la pieza intercalada de bronce en medio de las trenzas, y, por otro lado, en la parte superior de la junta, en la primera fila de trenza.

Se ha previsto la posibilidad de poner en seco la junta para sustitución de las trenzas, con la compresión de una junta cilindrica que forma cierre.

Este dispositivo no llega a dar entera satisfacción, pero UTE desea conservarle para cambiar, por ejemplo, las trenzas de la parte superior.

Considerando el estado actual de desgaste de las camisas, las juntas pueden funcionar aún durante muchos años, pero el problema de agrietamiento de una de las camisas es más inquietante y habrá de requerir, obligatoriamente, una intervención.

La colocación de una camisa en dos partes desmontables, en lugar de la camisa actual, resulta posible pero con reserva de modificar el espesor, que deberá pasar de 20 a 40 mm y ello para permitir la colocación de los tornillos de ensamblado de las dos partes.

Esta camisa se deberá ejecutar en acero forjado de un 13 % de cromo.

Debido al mayor espesor de la camisa, se deberá fabricar una nueva pieza de soporte de guarniciones, que recibirá trenzas cargadas PTFE de dimensiones idénticas a las de origen.

El dispositivo con junta cilíndrica, que forma cierre se conservará normalmente (véase el diseño de la página siguiente).

Los conductos de riego en la pieza intercalada y en la parte superior de las tranzas se seguirán conservando.

3.11. Servomotor de maniobra de las palas del rodete

U.T.E. señala que, durante estos ultimos meses, se ha comprobado un paso importante del aceite de regulación en el aceite de rodete,en el grupo nº 2. Los responsables de la operación abran de seguir la evolución de esta fuga. Al proceder a la renovación, se deberá examinar con suma atención la estanqueidad del eje Kaplan en la salida del servomotor de control de las palas.

3.12. Cilindros de frenado y de levantamiento

Los cilindros actuales son de origen y están proyectados para el frenado. En muy contadas ocasiones, se utilizan también para levantar la parte giratoria, cuando se procede a trabajos de desmontaje.

Poco después de su puesta en funcionamiento, el constructor ha aconsejado el levantamiento antes de cada arranque, con objeto de no solicitar demasiado los órganos de rotación (pivotes).

Dado que los cilindros son de cámara única, reciben de forma alternada aceite o aire, según se trate de un arranque o de una parada. Esta disposición no parece perfectamente racional.

Parece indispensable sustituir estos equipos por cilindros de pistones superpuestos o de pistones concentricos. Estos cilindros están dotados de fines de carrera, con lo cual se mejora la operación y la seguridad.

4 - ORGANOS DE ROTACION Y DE GUIADO SUPERIOR

4.1. Tubo Kaplan

Estado de las piezas

Se pone de manifiesto una fuga de aceite bastante importante entre el alvéolo de presión variable de cierre y el tubo Kaplan.

Esta hermeticidad, obtenida por trenzas a base de plomo es defectuosa, debido al incorrecto estado de superficie del tubo Kaplan.

Trabajos a efectuar

El desmontaje del tubo Kaplan - L = 10 300 mm -, para reparación y rectificación de la superficie de apoyo del tubo, parece difícil de contemplar. En cambio, una rectificación in situ no parece imposible, si se tiene en cuenta que los defectos que hemos podido apreciar durante una variación de carga de la máquina alcanzan poco más o menos 0,5 mm.

Se podría sustituir la calidad de las trenzas de hermeticidad, si se sabe que la trenza de teflón sobre fibra sintética proporciona entera satisfacción al tratarse de funcionamientos análogos.

Resulta perfectamente evidente que si el grupo se debe desmontar en su totalidad, una pasada del tubo Kaplan en máquina herramienta, con metalización, si así procede al METCOLOY 2 (13 % Cr) sobre subcapa METCO 405 con un espesor total de 1 a 2 mm será preferible a cualquier otra solución.

4.2. Cojinete guía superior de generador

No existe ningún problema particular, en el cojinete guía del tipo de patines. Holgura de, aproximadamente, 0,2 a 0,3 mm.

4.3. Conjunto Organos de rotación - Cojinete guía intermedio

Los órganos de rotación (pivotes de carga), trabajan con una carga total de 1 000 toneladas, o sea, una presión específica de unos 30 bares.

En funcionamiento, las temperaturas son las siguientes :

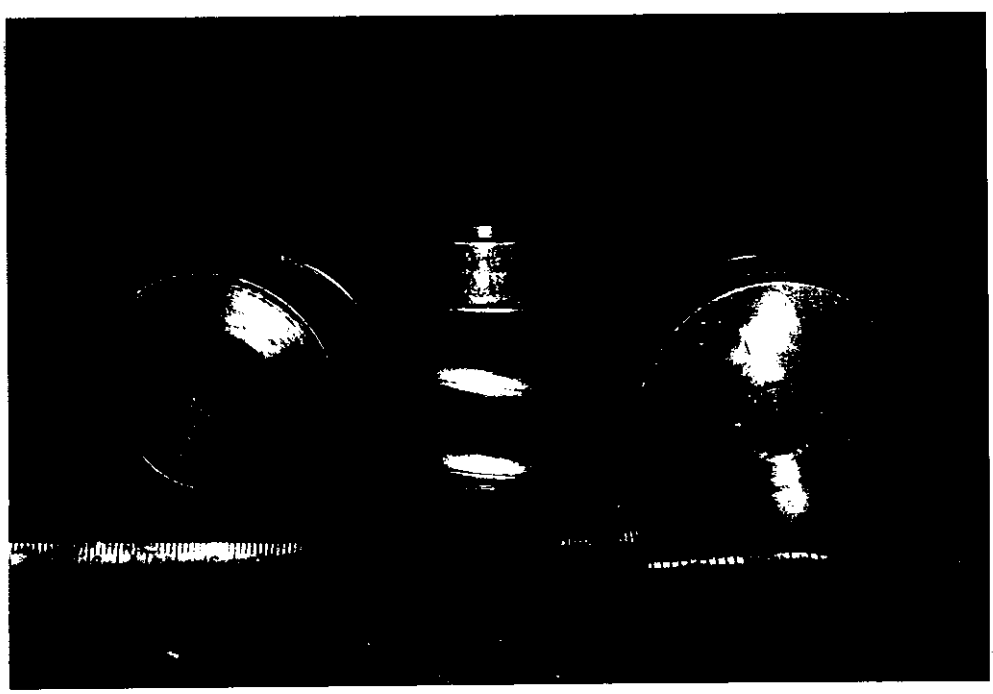
. en el metal, a la perpendicular de la cara activa : 81 a 86º C,

. en el aceite, en el tanque : 42 a 44º C.

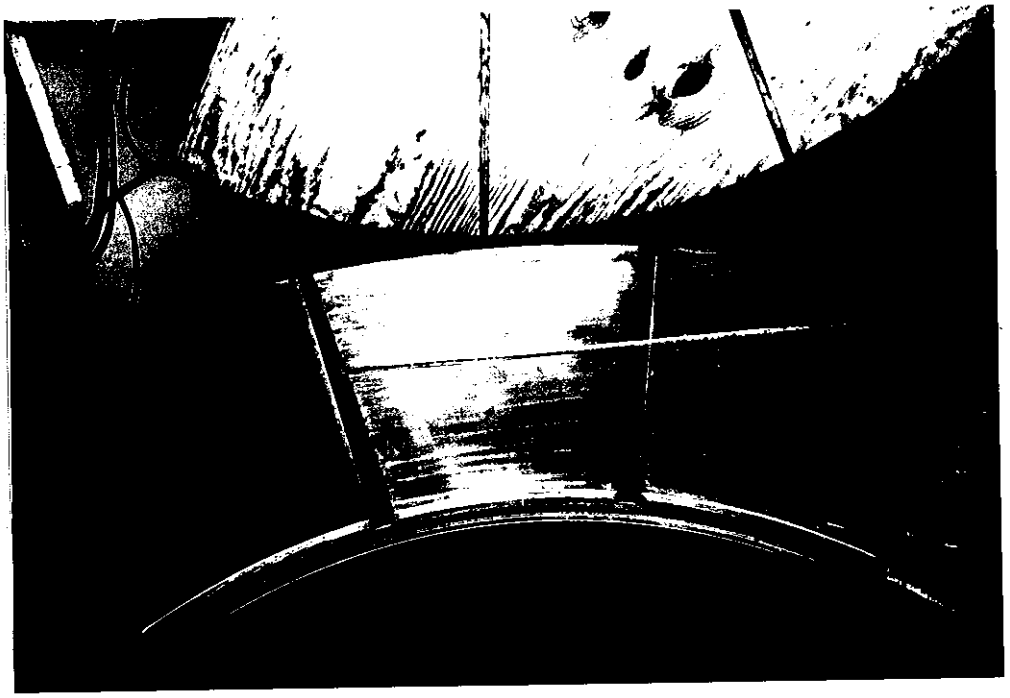
GABRIEL TERRA

ABRIL 1984

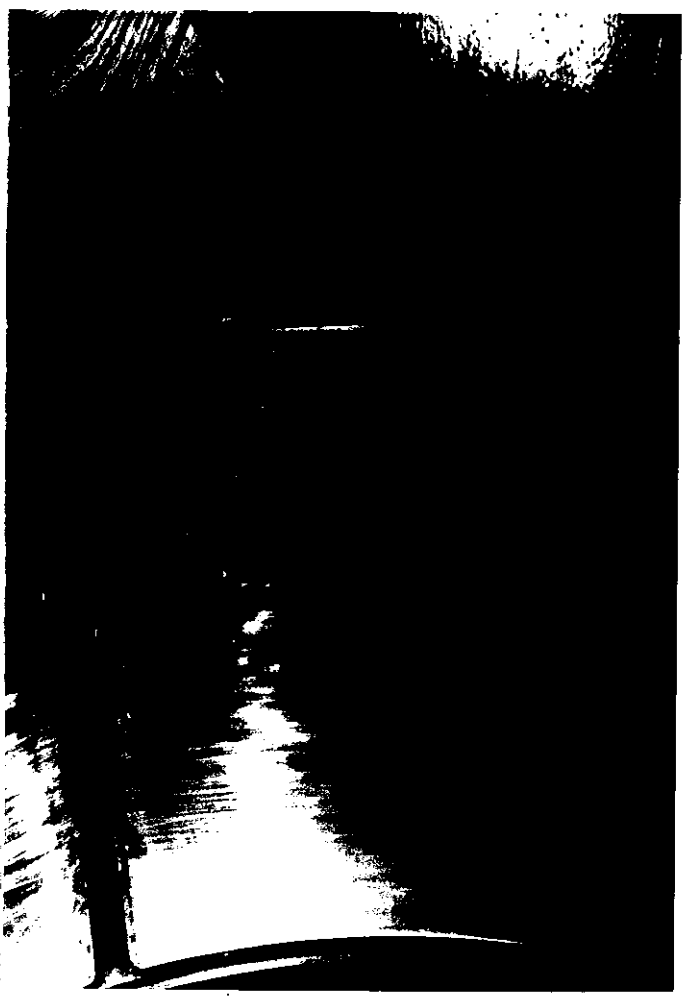
PLATINA



RESORTE DE PATINES



PATINES



Estado de las piezas

El anillo de patines, en dos partes, aplicado sobre una capa de resortes, se encuentra aparentemente en correcto estado. De hecho, la adherencia del metal antifricción es defectuosa, ya que el aceite rezuma en la cara de adherencia, cuando se apoya sobre la cara activa del metal antifricción.

También se observa que algunos resortes de soporte tienen su tornillo central roto.

No se observan oxidaciones de contacto entre los distintos órganos de rotación.

Los vapores de aceite son importantes en el interior del generador y se debe someter a inspección la eficacia de los laberintos.

Trabajos a efectuar

La temperatura de funcionamiento relativamente elevada de los órganos de rotación (pivotes) se debe principalmente a la forma del anillo de patines, que consta de ranuras muy estrechas para la salida del aceite, sin rascador, y, por consiguiente, ello deja pensar a una falta de renovación del aceite en la entrada de cada patín.

La modificación que ha consistido en alimentar en aceite frío las ranuras entre patines es sumamente interesante, puesto que se ha disminuido así la temperatura de algunos grados.

Salvo una sustitución completa de los órganos de rotación, no se vislumbra ninguna solución que permita mejorar las situación actual, que finalmente, no es tan defectuosa, dado que estos órganos funcionan sin problemas desde hace ya muchos años.

En cambio, aconsejamos una rehabilitación de los anillos de patines de repuesto, que no se han reparado desde el momento de su deterioro, que tuvo lugar durante los primeros años de funcionamiento de las máquinas, y que habrán de ser posiblemente utiles para la renovación de los grupos.

Para la rehabilitación de estas piezas, sería deseable utilizar un metal antifricción cuya composición sea aproximadamente la siguiente :

- estaño : 90 %
- antimonio : 6,5 %
- bobre : 3,5 %

y con una temperatura se colada que oscile entre 390 - 400ºC.

Por lo que respecta a las especificaciones de rehabilitación, se puede decir que cada reparador aplica disposiciones diferentes; lo esencial, consiste en controlar despues de la colada la correcta adherencia del metal antifricción sobre el metal de base.

También será preciso tener en cuenta la necesidad de modificar los resortes de soporte, con objeto de evitar la rotura del tornillo central.

De hecho, cada soporte está formado por un resorte de dos espiras, comprimido entre dos arandelas reunidas por un tornillo central de cabeza avellanada. La rotura se produce generalmente en el punto de unión bajo la cabeza del tornillo. Esta zona de concentración de esfuerzos se puede mejorar por la ejecución de un acuerdo.

La utilización de un acero del tipo NIQUEL-CROMO es también aconsejable.

De cualquier modo, sera preciso substituir la totalidad de los resortes en el momento de volver a montar los grupos cuando se hay procedido a la renovación.

Por lo que se refiere a los vapores de aceite, que, por lo que parece, proceden de la parte superior del pivote, se aconseja la colocación de un arandela de plástico o de fieltro, que entre en contacto con el eje.

4.4. Bomba de aceite de los órganos de rotación

Estado de las piezas

Fuga importante al nivel del prensa-estopas.

Trabajos a efectuar

- El eje está encamisado; cambiar est pieza.

5 - SISTEMA DE REFRIGARACION

El sistema de refrigeración está formado por un circuito general que distribuye agua de refrigeración hacia todos los grupos (generadores - muñones - transformadores). Este circuito va alimentado por cuatro tomas (una en cada uno de los conductos forzados). Dos bombas permiten aumentar el caudal de refrigeración de los transformadores cuando el nivel del embalse es demasiado bajo.

Las compuertas principales de las tomas y los filtros correspondientes, se encuentran en buen estado.

Los conductos del sistema de distribución van situados ya sea en zanja, o bien al aire libre y de este modo se puede vijilar debidamente.

Hasta la fecha, no se ha puesto de manifiesto ningún deterioro (perforación por corrosion). Si un deterioro semejante llegase a producirse, sería preferible cambiar el o los elementos deteriorados, ya sea por conductos del mismo genero, o bien por conductos de PVC.

6 - PIEZAS DE REPUESTO

Existe cierto número de piezas de repuesto, y, entre otras :

- 2 directrices
- 1 palanca de maniobra
- 2 cuerpos de soporte superior de directriz
- 1 cojinete guía de turbina
- 1 juego de patines para cada soporte de generador
- 2 platinas nuevas (órganos de rotación)
- 1 platina que se ha utilizado ya, pero que se puede volver a utilizar
- 2 coronas de patines a reparar (desprendimiento del metal antifricción)

Se precisa un reacondicionamiento de estas piezas y, por nuestra parte, recomendamos, fundamentalmente, las piezas correspondientes a los órganos de rotación (pivotes), que son sumamente sensibles a la oxidación.

Así como hemos precisado en el apartado "Organos de rotación", aconsejamos se proceda rápidamente a la reparación de la corona de patines, cuyo metal antifricción se desprende, con objeto de disponer de un equipo para segunda reposición, que abrá de ser sumamente útil durante la renovación.

7 - CONCLUSION

El problema planteado por la degradación del aspirador al nivel del enlace con el anillo de garganta es de suma importancia. Las modificaciones aconsejadas deben permitir obtener sin dificultad los resultados previstos.

Los fenómenos de cavitación observados en la turbina o considerados con motivo de la lectura de los distintos informes relativos a trabajos efectuados en el pasado, no parecen tener grandes consecuencias.

Se advierten, de todos modos, algunos fallos, relativamente de menor cuantía y localizados, pero para los cuales se han proyectado ya las intervenciones convencionales para este tipo de equipos.

El diagnóstico relativo al conjunto del equipo mecánico de producción es, por consiguiente, favorable y se llega a la conclusión de la existencia de un equipo sólido en la usina GABRIEL TERRA.